干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

陕北黄土高原红枣种植区水热资源变化及未来趋势预测

张维敏， 王景红， 刘 璐， 张 勇

（陕西省农业遥感与经济作物气象服务中心，陕西 西安 710014）

摘 要： 为了揭示陕北黄土高原红枣种植区水热资源变化特征，给当地红枣产业适应气候变化提供科学依据，利用陕北黄土高原红枣种植区8个气象站1971—2019年的气温、降水资料，及中等(RCP4.5)和高等(RCP8.5)排放气候情景下2021—2050年的气候变化预估数据，采用线性倾向估计、M-K检验、Morlet小波分析方法对气温、降水变化特征进行分析。结果显示：近49 a，红枣种植区年和生长季平均气温呈显著上升趋势，分别在1991年和1993年发生突变，存在44 a的周期变化。年和生长季降水量呈不显著增加趋势，存在31 a左右的周期变化，未发生突变。2021—2050年，RCP4.5、RCP8.5两种情景模式下，年和生长季平均气温呈上升趋势，RCP8.5排放情景下升温更显著，年平均气温在2027年发生了突变。两种排放情景下，年和生长季平均气温存在31 a左右的周期变化。年和生长季降水量在RCP4.5排放情景下呈不显著减少趋势，在RCP8.5排放情景下呈不显著增加趋势；降水量没有发生突变现象。RCP4.5情景下，年和生长季降水存在23~31 a周期变化；RCP8.5情景下存在7 a的变化周期。陕北红枣种植区应积极适应气候变化，调整种植布局，选择适宜的红枣品种，促进陕北红枣产业可持续健康发展。

关 键 词： 气候情景；变化趋势；生长季；陕北黄土高原

文章编号：

红枣喜光温、耐旱，适应性强，素有“铁杆庄稼”之称[1]。陕北黄土高原黄河沿岸是我国优良制干红枣中阳木枣的主要栽培区域[2-3]，截止2018年，陕北红枣种植面积19×10^4 hm^{2}左右，产量74.87×10^4 t，红枣产业已成为陕北黄土高原地区主导农业产业之一，具有较高的经济、社会和生态效益。陕北黄土高原区属干旱半干旱区，是典型的生态过度带，生态环境脆弱、土壤贫瘠、水资源匮乏。随着全球气候变化，陕北黄土高原红枣种植区气候条件也受到影响，生态环境面临严峻的压力，红枣生产面临各种问题。

近年来，许多学者采用不同的研究方法对不同区域的气温、降水等气候要素过去和未来的变化趋势进行了大量的研究。国内很多学者采用不同的统计分析方法对中国西北地区作物生长期内气候资源变化[4]、中国东北及北方中部地区气温降水变化[5-6]、黄土高原地区气温降水时空变化[7-9]等进行了研究，较为全面的揭示了中国不同地区水热资源的变化趋势。

也有一些学者利用不同的气候变化预测模式对不同区域未来水热资源变化趋势进行了模拟研究[10-13]。针对黄土高原陕晋黄河沿岸红枣种植区域气候变化及其对当地红枣产业的影响，陕西农业气象气工作者也进行了大量的研究[14-16]，揭示了该区域1971—2010年的光温水等气候资源的时空变化特征及其对红枣物候期、气象灾害等方面的影响，并且进行了陕晋黄河沿岸中阳木枣精细化气候适宜性区划以及气候变化对黄土高原丘陵区制干红枣适生区影响预估[17-18]。但是对于陕北黄土高原红枣种植区域的研究相对较少，特别是该区域气候情景预估模式下水热资源的变化及预测、过去与未来的对比分析等方面几乎没有。本研究基于已有的

收稿日期： 2019-03-09； **修订日期：** 2020-05-02

基金项目： 中国气象局气候变化专项(CCSF201319)

作者简介： 张维敏（1985-），女，硕士研究生，工程师，主要从事农业气象服务与研究工作. E-mail: 404312067@qq.com

研究基础上，以陕北黄土高原8个代表县为研究区域，分析在中等(RCP4.5)和高等(RCP8.5)两种排放气候情景下，气温、降水等气象要素的变化特征以及水热资源过去与未来的对比，得出气候变化背景下陕北红枣种植区气候资源过去与未来的演变特点，并预估水热资源的变化对红枣产业的可能影响，以期为当地红枣产业的科学布局和可持续发展提供参考依据。

1 研究材料与方法

1.1 研究区域与资料来源

本研究主要选择陕北榆林和延安的府谷、神木、佳县、吴堡、绥德、清涧、延川、延长共8个红枣主产县为研究区域。8个县气象站1971—2019年的逐日平均气温、降水量等气象历史数据来源于陕西省气象信息中心。未来情景预估数据采用国家气候中心提供的RegCM4全球气候系统模式，中国地区RCP4.5和RCP8.5两种排放气候情景下预估的2021—2050年逐日气温、降水数据。

1.2 研究方法

采用线性趋势拟合[19]、Mann-Kendall[20]、Morlet小波函数[21]等方法对陕北黄河沿岸红枣种植区年和红枣生长季(4—10月)平均气温、各月气温；年和红枣生长季降水以及各月降水的年际变化趋势、突变和周期规律进行分析。

本研究中气候情景预估数据采用国家气候中心研究人员利用RegCM4.0，单向嵌套BCC_CSM1.1(Beijing Climate Center_Climate System Model version 1.1)全球气候系统模式，以中国地区RCP4.5、RCP8.5两种温室气体排放气候情境下1950—2099年的连续积分模拟结果输出的气温、降水二进制格点数据作为预估的基础，模式水平分辨率为50 km×50 km。采用双线性内插的方法将格点数据插值到研究区域中的气象站点，生成1950—2060年气温和降水量的月尺度时间序列数据。通过模式输出的1951—2005年气温、降水数据与相应时段实际观测资料进行对比，建立差值传递函数，将订正结果叠加到预估数据集上，得到订正后的陕北红枣种植区气温、降水月尺度预估数据集。

2 结果与分析

2.1 过去49 a陕北红枣种植区水热资源变化特征

2.1.1 气温变化 1971—2019年种植区年平均气温、红枣生长季平均气温多年均值分别为10.2 ℃、18.4 ℃，最高值均出现在1999年，最低值分别出现在1984、1976年。近49 a来，两者均呈上升趋势，气候倾向率分别为0.22 ℃·(10a)$^{-1}$、0.13 ℃·(10a)$^{-1}$ ($P<0.05$)；各月月平均气温呈上升趋势，3月气候倾向率最高升温最明显，其次为2、4月，8月最低(表1)。年平均气温、生长季平均气温分别在1991、1993年发生了由冷到暖的突变，突变前后气温差值均为0.6 ℃(图1)。Morlet小波分析显示，年平均气温序列大尺度中心在44 a左右，该尺度上震荡中心位于1980s前期、2000s前期，且2000s后周期震荡仍未闭合，说明气温仍持续上升，经历了冷-暖交替，中心值最大能量最大为主周期；小尺度中心主要为17 a、9 a和4 a左右，9 a左右时间尺度上年平均气温经历了5个冷-暖交替变化过程，4 a左右时间尺度上年平均气温冷暖交替频繁(图2a)。小波方差图反映了小波震荡强度随时间的变化特点，它的峰值即为气温的变化周期。年平均气温小波方差图存在4个明显的峰值点，其中主周期为44 a，次周期为9 a、17 a、4 a(图2b)。生长季平均气温小波变化与年平均气温比较相似，大尺度在44 a左右，小尺度中心主要为4~9 a，主周期为41 a，次周期为9 a、17 a、4 a。

表1 陕北红枣种植区不同时段的气温、降水量和气候倾向率

Tab. 1 Temperature, precipitation and the climatic tendency of average temperature and precipitation in different stages in jujube planting area in northern Shaanxi

时段	平均温度/℃	气候倾向率/℃·(10a)$^{-1}$	降水量/mm	气候倾向率/mm·(10a)$^{-1}$
全年	10.20	0.22***	460.50	14.73
生长季	18.40	0.13*	424.10	15.02
1月	-6.70	0.16	3.20	-0.07
2月	-2.30	0.49**	5.40	-0.03
3月	4.80	0.56***	11.90	-0.86
4月	12.70	0.34**	22.50	1.60
5月	18.70	0.04	33.80	2.25
6月	22.90	0.10	54.30	-0.89
7月	24.50	0.16	111.00	7.17
8月	22.60	0.02	103.20	-1.04
9月	17.10	0.15	68.30	3.40
10月	10.40	0.10	30.90	2.39
11月	2.30	0.16	12.80	1.00
12月	-4.90	0.24	3.00	-0.55

注：*为通过0.05显著性水平，**为通过0.01显著性水平，***为通过0.001显著性水平。

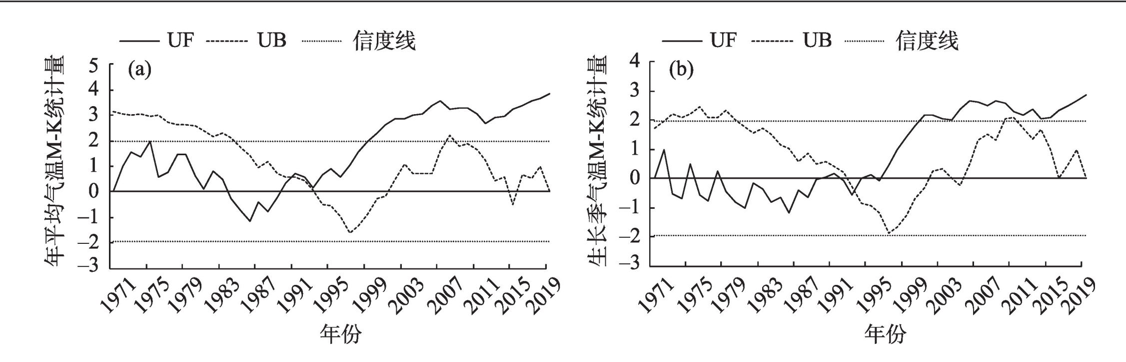


图1 陕北红枣种植区年、生长季平均气温Mann-Kendall突变检验

Fig. 1 Mann-Kendall test for abrupt change of the annual temperature and the average temperature of growth season in jujube planting area in northern Shaanxi

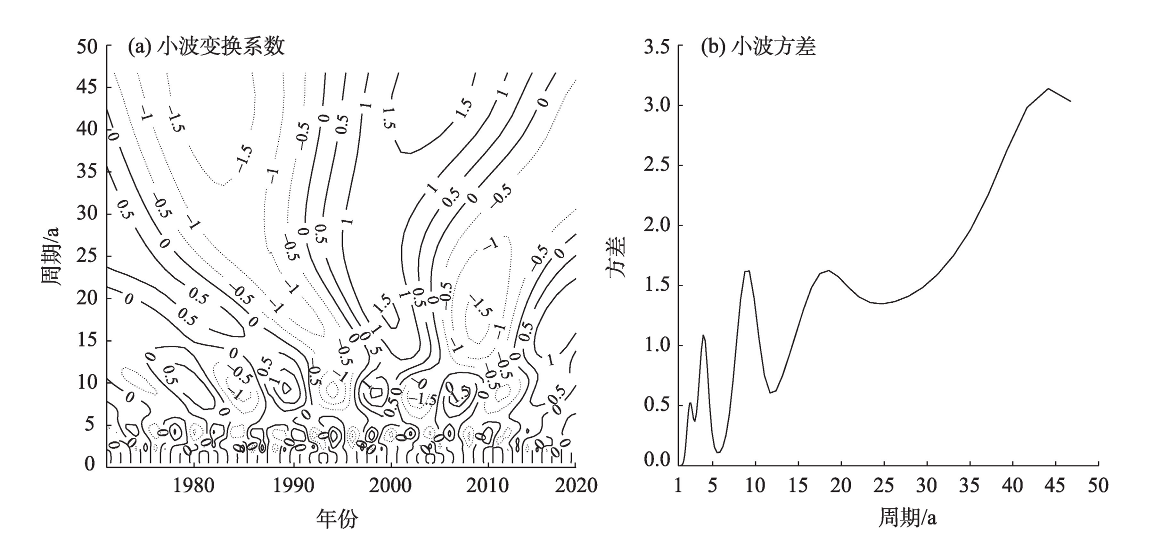


图2 陕北红枣种植区年平均气温小波变换系数和小波方差

Fig. 2 Morlet wavelet transform coefficients and the wavelet variance of the annual average temperature in jujube planting area in northern Shaanxi

2.1.2 降水变化 红枣种植区年降水量288~679 mm，红枣生长季降水量255~663 mm，大部分年份生长季降水占年降水量的90%以上；7、8月降水量较多，在100 mm以上（表1）。年降水量、生长季降水量呈不显著的增加趋势，气候倾向率分别为14.73 mm·(10a)$^{-1}$、15.02 mm·(10a)$^{-1}$($P>0.05$)；1、2、3、6、8月和12月降水量呈不显著的减少趋势，其它月降水量呈不显著增加趋势（表1）。年和生长季降水量未发生突变；存在31 a、5 a/9 a、2 a/5 a的振荡周期，其中31 a周期具有全区域性，经历了丰-枯-丰交替，该尺度上震荡中心分别位于1980s初期、2000s初期以及2014年左右，该震荡周期能量最大，为主周期；小尺度中心主要在3~9 a，有明显的丰枯交替特征，且存在多重时间周期尺度上的周期嵌套复杂结构现象（图3a）。两者的小波方差图均存在3个明显的峰值，分别对应主次周期（图3b）。

2.2 未来气候情景下水热资源变化趋势预估

2.2.1 未来气候情景下热量资源变化趋势预估 在未来中等(RCP4.5)排放情景下，陕北红枣种植区2021—2050年平均气温为11.4 ℃，较过去49 a均值增加了1.2 ℃；最大值13.0 ℃出现在2047年，最小值10.1 ℃出现在2024年，年际间最大温差2.9 ℃。红枣生长季平均气温19.5 ℃，较过去增加1.1 ℃。从变化趋势看，年平均气温呈不显著的上升趋势，气候倾向率为0.25 ℃·(10a)$^{-1}$($P>0.05$)。1月、3—6月、8月、10—12月各月平均气温均呈上升趋势，仅3月平均气温通过显著性检验($P<0.05$)，其中1、3、11月和12月气候倾向率高于其他各月；2、7月和9月平均气温呈不显著下降趋势。生长季气温呈不显著的上升趋势，气候倾向率0.14 ℃·(10a)$^{-1}$($P>$

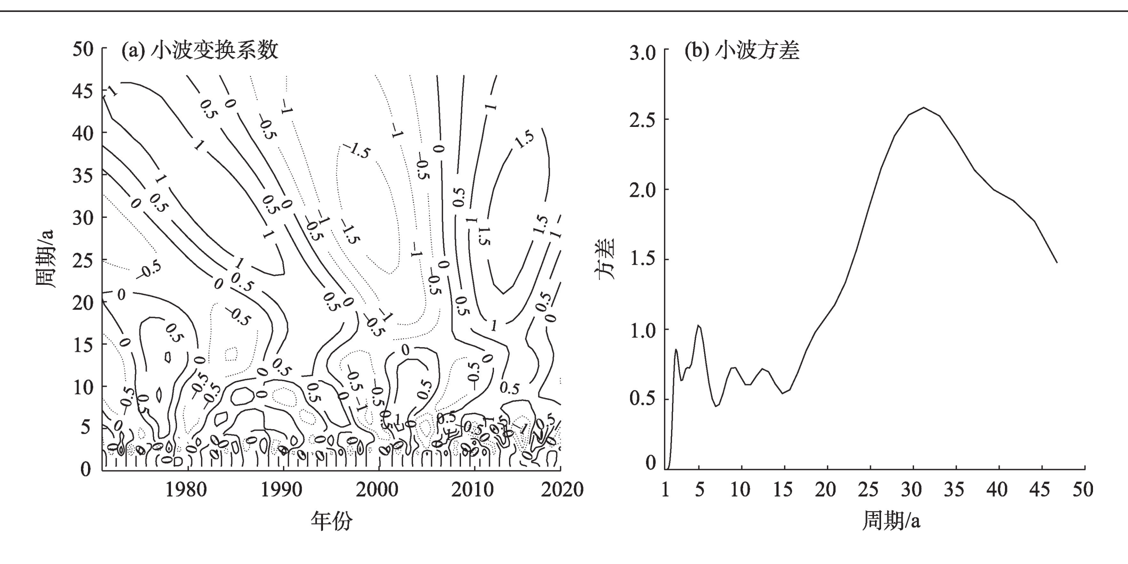


图3 陕北红枣种植区年降水量小波变换系数和小波方差

Fig. 3 Morlet wavelet transform coefficients and the wavelet variance of the annual precipitation in jujube planting area in northern Shaanxi

0.05)。RCP4.5排放情景下年和生长季平均气温UF、UB曲线在信度线之间有多个交点，未发生明显突变。年和生长季气温均存在31 a左右的主周期，且经历了暖-冷-暖的变化过程；存在3 a、7 a/12 a的次周期。

高等(RCP8.5)排放情景下，年平均气温11.7 ℃，较过去和RCP4.5排放情景的均值分别增加1.5 ℃、0.3 ℃；最大值13.2 ℃出现在2050年，最小值10.8 ℃出现在2023年，年际间最大温差2.4 ℃。红枣生长季平均气温为20.0 ℃，较过去和RCP4.5排放下分别增加1.6 ℃、0.5 ℃。年平均气温呈显著上升趋势，气候倾向率0.38 ℃·$(10a)^{-1}$($P<0.01$)，增温趋势较RCP4.5排放情景下更明显。1月、4—12月各月平均气温呈上升趋势，其中1月呈显著上升趋势($P<0.05$)；2、3月呈不显著下降趋势。生长季气温呈上升趋势，气候倾向率为0.47 ℃·$(10a)^{-1}$($P<0.001$)。根据M-K检验结果，未来30 a的RCP8.5排放模式下年平均气温UF、UB曲线在信度线之间有一个交点位于2027年，年平均气温发生了由冷到暖的突变，突变前后气温均值差0.6 ℃；生长季气温UF、UB曲线在信度线之间有多个交点，未发生突变。RCP8.5情景下，年平均气温、生长季平均气温存在31 a的主周期，经历了冷-暖交替过程，还存在4 a、11 a/9 a的次周期。

2.2.2 未来气候情景下水资源变化趋势预估 中等(RCP4.5)排放情景下，陕北红枣种植区2021—2050年年降水量223~765 mm，气候倾向率为-5.61 mm·$(10a)^{-1}$($P>0.05$)，年降水量呈不显著减少趋势。一年中，2、4、5、7、9月和11月呈不显著减少趋势，1、3、6、8、10月和12月呈不显著增加趋势。红枣生长季降水量207~691 mm，气候倾向率-2.31 mm·$(10a)^{-1}$($P>0.05$)，生长季降水量呈不显著的减少趋势。RCP4.5情景下未来30 a陕北红枣种植区年降水量、生长季降水量的UF和UB曲线交点较多，未发生明显突变。年降水量、生长季降水量均存在23~31 a的主周期，在该时间尺度上经历了枯-丰-枯的交替变化，同时还存在10 a、5 a的次周期。

高等(RCP8.5)排放情景下，陕北红枣种植区2021—2050年年降水量343~899 mm，气候倾向率为19.66 mm·$(10a)^{-1}$($P>0.05$)，年降水量呈不显著增加趋势。一年中，1—3月、6月、9月和10月降水量呈不显著增加趋势；4月呈显著增加趋势，气候倾向率14.43 mm·$(10a)^{-1}$($P<0.05$)；5、7、8、11月和12月降水量呈不显著减少趋势。生长季降水量300~809 mm，气候倾向率16.46 mm·$(10a)^{-1}$($P>0.05$)，呈不显著增加趋势。根据M-K检验，未来30 a陕北红枣种植区年降水量、生长季降水量的UF和UB曲线交点较多，未发生突变。年降水量、生长季降水量存在7 a左右的主周期，经历了丰-枯4次交替变化；同时还存在22~30 a的次周期。

3 结 论

本研究结果显示，过去49 a(1971—2019年)，陕北黄土高原红枣种植区年平均气温、生长季平均气

温呈上升趋势，且在90年代前期发生了由冷到暖的突变；1—12月各月平均气温呈上升趋势，3月增温最明显。年降水量和生长季降水量呈增加趋势，水热资源呈增加趋势，气候表现出暖湿化特征。年平均气温和生长季平均气温存在40 a左右的主周期，在该时间尺度上气温经历了冷-暖交替且曲线未闭合，气温还将继续上升；年降水量、生长季降水量存在31 a左右的主周期，在该时间尺度上降水经历了丰-枯-丰交替且曲线未闭合，降水还将持续丰的状态。未来30 a，RCP4.5排放情景（RCP4.5）下，红枣种植区年平均气温、生长季平均气温均呈上升趋势；年降水量、生长季降水量均呈减少趋势；RCP8.5排放情景下，年平均气温、生长季平均气温呈上升趋势，年平均气温在2027年发生了突变；年降水量、生长季降水量呈增加趋势，未通过显著性检验。两种排放情景下，年平均气温和生长季平均气温等热量因子呈上升趋势，RCP8.5排放情景下更加明显。

4 讨 论

陕北红枣种植区年平均气温、生长季平均气温及各月平均气温等气温因子呈上升趋势，红枣生育期将会延长，休眠期推迟。其中春季3、4月平均气温增温率高于年平均气温，增温相对其他月份更为显著，会导致枣树萌芽期提前。RCP8.5排放情景下年平均气温、生长季平均气温气候倾向率最高，RCP4.5排放情景下的气候倾向率次之，过去49 a的气候倾向率最低；未来陕北红枣种植区升温将会更加明显，对红枣物候的影响也更突出。另外，气温升高，提高了枣树安全越冬率，但是同时也为虫卵安全越冬提供了有利条件，导致病虫害越冬基数提高，这对红枣生产构成了较大的潜在威胁，需采取有效措施防御枣树病虫害，减轻对红枣产量品质的影响。过去49 a及RCP8.5排放模式下，降水呈增加趋势，降水增加能够缓解种植区干旱问题，对红枣生长有利，但成熟期降水量增加也将导致红枣裂果风险增大，严重影响红枣产量品质。总体看来，陕北红枣种植区域水热资源变化对红枣生长及产业发展利大于弊，应充分挖掘气候资源潜力，适当调整红枣产业种植布局及规模，选择抗裂果性强的红枣品种，促进陕北红枣产业可持续健康发展。

参考文献（References）

[1] 汪星, 朱德兰, 杨荣慧, 等. 陕北山地红枣抗裂性研究[J]. 果树学报, 2011, 2(1): 82-85. [Wang Xing, Zhu Delan, Yang Ronghui, et al. Study on crack resistance of northern Shaanxi jujube on mountain land[J]. Journal of Fruit Science, 2011, 2(1): 82-85.]

[2] 李新岗, 同金霞, 王鸿哲, 等. 陕北地区中阳木枣生态适应性研究[J]. 西北林学院学报, 2000, 15(2): 13-18. [Li Xingang, Tong Jinxia, Wang Hongzhe, et al. Ecological adaptability of *Ziziphus jujuba* Mill. in north Shaanxi[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2000, 15(2): 13-18.]

[3] 李新岗. 陕北枣区的地位研究[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(1): 80-83. [Li Xingang. Research on status of jujube region in north Shaanxi[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(1): 80-83.]

[4] 杨晓光, 李勇, 代姝玮, 等. 气候变化背景下中国农业气候资源变化: IX. 中国农业气候资源时空变化特征[J]. 应用生态学报, 2011, 22(12): 3177-3188. [Yang Xiaoguang, Li Yong, Dai Shuwei, et al. Changes of China agricultural climate resources under the background of climate change: Ⅸ. Spatiotemporal change characteristics of China agricultural climate resources[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(12): 3177-3188.]

[5] 孙倩倩, 刘晶淼. 基于聚类分析的中国东北地区气温和降水时空变化特征[J]. 气象与环境学报, 2014, 30(3): 59-65. [Sun Qianqian, Liu Jingmiao. Temporal-spatial change of temperature and precipitation based on CAST in northeast China[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2014, 30(3): 59-65.]

[6] 王明昌, 刘锬, 江源, 等. 中国北方中部地区近五十年气温和降水的变化趋势[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2015, 51(6): 631-635. [Wang Mingchang, Liu Tan, Jiang Yuan, et al. Temperature and precipitation changes in north central China in the last 50 years[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2015, 51(6): 631-635.]

[7] 李振朝, 韦志刚, 文军, 等. 近50年黄土高原气候变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(3): 57-62. [Li Zhenchao, Wei Zhigang, Wen Jun, et al. Analyses on climate variation characteristics over the Loess Plateau in recent 50 years[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008, 22(3): 57-62.]

[8] 李志, 赵西宁. 1961—2009年黄土高原气象要素的时空变化分析[J]. 自然资源学报, 2013, 28(2): 287-299. [Li Zhi, Zhao Xining. Spatiotemporal analysis of meteorological elements on the Loess Plateau during 1961—2009[J]. Journal of Natural Resources, 2013, 28(2): 287-299.]

[9] 顾朝军, 穆兴民, 高鹏, 等. 1961—2014年黄土高原地区降水和气温时间变化特征研究[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(3): 136-143. [Gu ChaoJun, Mu Xingmin, Gao Peng, et al. Characteristics of temporal variation in precipitation and temperature in the Loess Plateau from 1961 to 2014[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2017, 31(3): 136-143.]

[10] 刘兆飞, 王蕊, 姚治君. 蒙古高原气温与降水变化特征及CMIP5气候模式评估[J]. 资源科学, 2016, 38(5): 956-969. [Liu Zhaofei, Wang Rui, Yao Zhijun. Air temperature and precipitation over the Mongolian Plateau and assessment of CMIP5 climate models[J]. Resources Science, 2016, 38(5): 956-969.]

[11] 卢晓菲, 任传友, 王艳华, 等. 三个全球气候模式对中国气温季节变化模拟能力的空间差异特征分析[J]. 干旱区地理, 2018, 41(5): 972-983. [Lu Xiaofei, Ren Chuanyou, Wang Yanhua, et al. Spatial difference characteristics on simulation capability of seasonal variation of air temperature simulated by three global climate models in China[J]. Arid land Geography, 2018, 41(5): 972-983.

[12] 王静, 刘海隆, 王玲. 气候变化背景下玛纳斯河流域绿洲适宜规模研究[J]. 干旱区地理, 2019, 42(1): 113-120. [Wang Jing, Liu Hailong, Wang Ling. Suitable oasis scale in Manas River Basin in the context of climate change[J]. Arid land Geography, 2019, 42 (1): 113-120.]

[13] 徐敏, 高苹, 徐经纬, 等. 江苏省玉米气候资源的变化特征与未来气候情景预估[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 95-100. [Xu Min, Gao Ping, Xu Jingwei, et al. Variation characteristics and future climate scenario prediction of maize climate resources in Jiangsu[J]. Journal of Jiangsu Agricultural Sciences, 2014, 42(10): 95-100.]

[14] 刘璐, 王景红, 张维敏, 等. 1971—2010年陕北红枣种植区气候变化特征及其对物候期的影响[J]. 干旱气象, 2016, 34(5): 841-846. [Liu Lu, Wang Jinghong, Zhang Weimin, et al. Climatic change characteristics and its impaction on phenophase of jujube in northern Shaanxi during 1971—2010[J]. Journal of Arid Meteorology, 2016, 34(5): 841-846.]

[15] 李艳莉, 王景红, 梁轶. 气候变化背景下黄土高原丘陵区红枣主要气象灾害变化特征分析[J]. 中国农学通报, 2016, 32(5): 118-124. [Li Yanli, Wang Jinghong, Liang Yi. Variation characteristics of main meteorological disasters of jujube in the hilly Loess Plateau under climate change[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(5): 118-124.]

[16] 张维敏, 王景红. 近40年黄土高原丘陵红枣种植区气温变化特征及其影响分析[J]. 中国农学通报, 2016, 32(10): 139-144. [Zhang Weimin, Wang Jinghong. Variation characteristics of air temperature and its impact on jujube in hilly region of the Loess Plateau in recent 40 years[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(10): 139-144.]

[17] 梁轶, 王景红, 屈振江, 等. 黄土高原丘陵区中阳木枣精细化气候适宜性区划[J]. 中国农学通报, 2016, 32(10): 132-138. [Liang Yi, Wang Jinghong, Qu Zhenjiang, et al. Climate suitability regionalization for Zhongyang jujube in the hilly area of Loess Plateau [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(10): 132-138.]

[18] 梁轶, 张勇, 王景红, 等. 气候变化对黄土高原丘陵区制干红枣适生区影响预估[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(1): 90-98. [Liang Yi, Zhang Yong, Wang Jinghong, et al. Potential impacts of climate change on suitable area of dried jujube in hilly area of the Loess Plateau[J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2017, 45(1): 90-98.]

[19] 李红英, 高振荣, 王胜, 等. 近60 a河西走廊极端气温的变化特征分析[J]. 干旱区地理, 2015, 38(1): 1-9. [Li Hongying, Gao Zhenrong, Wang Sheng, et al. Extreme temperature variation of Hexi Corridor in recent 60 years[J]. Arid Land Geography, 2015, 38(1): 1-9.]

[20] 薛海丽, 张钦, 唐海萍. 近60 a内蒙古不同草原类型区极端气温和干旱时间特征分析[J]. 干旱区地理, 2018, 41(4): 701-711. [Xue Haili, Zhang Xin, Tang Haiping. Extreme temperature and drought events in four different grassland areas of Inner Mongoliain in recent 60 years[J]. Arid Land Geography, 2018, 41(4): 701-711.]

[21] 秦榕, 李林超, 杨霰, 等. 新疆地区蒸发皿蒸发量变化及基于小波的周期分析[J]. 干旱区地理, 2018, 41(5): 90-98. [Qin Rong, Li Linchao, Yang Xian, et al. Change of pan evaporation in Xinjiang and its periods based on wavelet analysis[J]. Arid Land Geography, 2018, 41(5): 90-98.]

Change and trend prediction of water and heat resource of jujube planting zones in the hilly area of the Loess Plateau in the northern Shaanxi

ZHANG Weimin, WANG Jinghong, LIU Lu, ZHANG Yong

(Shaanxi Meteorological Service Center of Agricultural Remote Sensing and Economic Crops, Xi'an 710014, Shaanxi, China)

Abstract: To reveal the change characteristics of water and heat resources in the jujube planting area of the Loess Plateau in northern Shaanxi and to provide a scientific basis for the local jujube industry to adapt to climate change, on the basis of the temperature and precipitation data from eight weather stations from 1971 to 2019 in the jujube cultivation area of the Loess Plateau in northern Shaanxi and the RCP4.5 and RCP8.5 emission scenario data from 2021 to 2050, the climatic characteristics of temperature and precipitation were analyzed using methods of linear trend estimates, the M-K test, and Morlet wavelet analysis. The results show that the annual average temperature and average temperature of the jujube growth season showed a significantly increasing trend from 1971 to 2019 and emerging abrupt changes in 1991 and 1993, respectively. The monthly average temperature showed an increasing trend. The annual average temperature and average temperature of the jujube growth season displayed a quasi-periodic of 44 a. The annual precipitation and precipitation during the jujube growth season also showed an insignificantly increasing trend and did not reveal abrupt changes and significant fluctuations over the period of 31 a. The annual average temperature and average temperature of the jujube growth season showed an increasing trend under the RCP4. 5 and RCP8.5 emission scenarios from 2021 to 2050. The temperature had a change cycle of 31 a. The annual precipitation and precipitation of the jujube growth season showed a decreasing trend under the RCP4.5 emission scenario and an increasing trend under the RCP8.5 emission scenario. The precipitation did not reveal abrupt changes. The annual precipitation and precipitation during the jujube growth season had a change cycle of 23−31 a under the RCP4.5 emission scenario and had a change cycle of 7 a under the RCP8.5 emission scenario. With the increase of heat resources in the red jujube planting area in northern Shaanxi, the suitable planting area for jujube may expand northward. The phenological period of the red jujube will change. An elevated temperature is conducive to the safe overwintering of pests and diseases. Precipitation may show an increasing trend that can alleviate the drought problem, but increased precipitation in the mature period will also lead to an increased risk of the jujube fruit cracking. There is a need to fully tap the potential of climate resources, properly adjust the layout and scale of the jujube industry, and select jujube varieties with a strong resistance to fruit cracking to promote the sustainable and healthy development of the northern Shaanxi jujube industry.

Key words: future climate scenario; change trend; growth season; the Loess Plateau of the northern Shaanxi